

PAT-NO: JP02002261370A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2002261370 A
TITLE: METHOD OF PREPARING NITRIDE-BASED SEMICONDUCTOR ELEMENT
PUBN-DATE: September 13, 2002

INVENTOR-INFORMATION:
NAME COUNTRY
NAGANUMA, KO N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:
NAME COUNTRY
SONY CORP N/A

APPL-NO: JP2001061764
APPL-DATE: March 6, 2001

INT-CL (IPC): H01S005/02, H01L021/205 , H01S005/323

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for preparing a nitride-based semiconductor element, having excellent characteristics on a nitride-based semiconductor substrate or on a sapphire substrate, with good yield.

SOLUTION: After a negative electrode is formed on a rear surface of a GaN substrate, the wafer is set to a scribe and subjected to scribing operation along a separation line, shown on the rear surface of the GaN substrate in a direction parallel to a surface A to form bars 39. Next, the bars 39 are subjected to scribing operation in directions (shown by dotted lines) which are parallel to a surface M perpendicular to the surface A, or subjected to pushing and dividing operation with the use of a breaking blade to form GaN- based semiconductor laser element chips 40.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-261370

(P2002-261370A)

(43)公開日 平成14年9月13日(2002.9.13)

(51)Int.Cl.	識別記号	F I	キーワード(参考)
H 0 1 S 5/02		H 0 1 S 5/02	5 F 0 4 5
H 0 1 L 21/205		H 0 1 L 21/205	5 F 0 7 3
H 0 1 S 5/323	6 1 0	H 0 1 S 5/323	6 1 0

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願2001-61764(P2001-61764)

(22)出願日 平成13年3月6日(2001.3.6)

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 長沼 香

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(74)代理人 100095821

弁理士 大澤 誠 (外1名)

Fターム(参考) 5F045 A004 AB14 AB17 AF04 AF09

AF13 B008 CA12 DA53 GH08

GH09

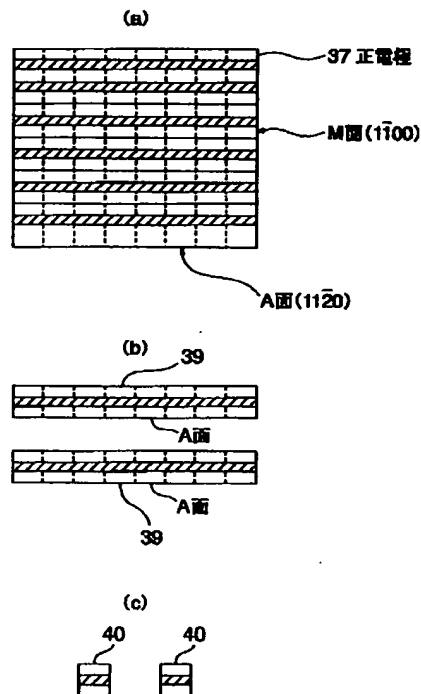
5F073 CA07 CB05 DA34

(54)【発明の名称】 窒化物系半導体素子の作製方法

(57)【要約】

【課題】 窒化物系半導体基板又はサファイア基板上に、良好な特性を有する窒化物系半導体素子を歩留り良く作製する方法を提供する。

【解決手段】 GaN基板の裏面に負電極を形成した後、ウエハをスクライバーにセットして、GaN基板の裏面を実線で示す分断線に沿ってA面に平行な方向にスクライプして、バー39を形成する。次いで、バー39をA面に直交するM面に平行な方向(点線で示す方向)にスクライプして、またはブレーキング刃にて圧して割って、GaN系半導体レーザ素子・チップ40を形成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 窒化物系半導体基板上に窒化物系化合物半導体層の積層構造を有する窒化物系半導体素子の作製方法において、

基板の(0001)面上に窒化物系化合物半導体層の積層構造を形成する工程と、

窒化物系化合物半導体層の積層構造の上部を加工して、又は積層構造上に、ストライプ状電流注入領域等のストライプ状構造を基板のA面に平行に形成する工程と、

基板のA面で基板及び積層構造をストライプ状構造毎に所定幅の帯状に分割して、ストライプ状構造を長手方向に有するバーを形成する工程と、

基板のM面でバーを分割して、それぞれ、ストライプ状構造を有する所定の長さのチップを形成する工程とを備えていることを特徴とする窒化物系半導体素子の作製方法。

【請求項2】 窒化物系半導体基板上に窒化物系化合物半導体層の積層構造を有する窒化物系半導体素子の作製方法において、

基板の(0001)面上に窒化物系化合物半導体層の積層構造を形成しつつ積層構造内に、ストライプ状電流注入領域等のストライプ状構造を基板のA面に平行に埋め込み形成する工程と、

基板のA面で基板及び積層構造をストライプ状構造毎に所定幅の帯状に分割して、ストライプ状構造を長手方向に有するバーを形成する工程と、

基板のM面でバーを分割して、それぞれストライプ状構造を有する所定の長さのチップを形成する工程とを備えていることを特徴とする窒化物系半導体素子の作製方法。

【請求項3】 バーを形成する工程の前に、基板の裏面を研磨して所定の厚さの基板に調整することを特徴とする請求項1又は2に記載の窒化物系半導体素子の作製方法。

【請求項4】 基板として窒化ガリウム基板を使用し、窒化物系化合物半導体層の積層構造としてGaN系化合物半導体層の積層構造を形成することを特徴とする請求項1から3のうちのいずれか1項に記載の窒化物系半導体素子の作製方法。

【請求項5】 窒化ガリウム基板に代えてサファイア基板を使用することを特徴とする請求項4に記載した窒化物系半導体素子の作製方法。

【請求項6】 バーを形成する工程では、ウエハを切削し、ダイシングし、又はスクライビングしてバー化することを特徴とする請求項1から5のうちのいずれか1項に記載の窒化物系半導体素子の作製方法。

【請求項7】 チップを形成する工程では、ブレーキング装置によってバーを分割することを特徴とする請求項1から6のうちのいずれか1項に記載の窒化物系半導体素子の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、窒化物系半導体素子の作製方法に関し、更に詳細には、良好な光共振面を備えた窒化物系半導体素子を作製する作製方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】青色から紫外域に至る短波長域の光をレーザ発振し得る半導体材料の一つとして、 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x, 0 \leq y, x+y \leq 1$) として組成が示される窒化ガリウム系化合物半導体が、知られている。特に、最近、窒化ガリウム系化合物半導体よりなるダブルヘテロ構造の発光ダイオードが実用化されたことにより、短波長域の光を発光する発光素子として、窒化ガリウム系化合物半導体を使った半導体レーザダイオードが注目されるようになっている。

【0003】従来から研究の進展に伴い、窒化ガリウム系化合物半導体を用いた種々の構造の半導体レーザダイオードが提案されている。例えば特開平6-283825号公報では、Siドープn型AlGaN/Siドープn型GaN/Mgドープp型AlGaNダブルヘテロ構造のレーザダイオードが開示されており、また、USP5,146,465には、AlGaNを活性層として、AlGaNの多層膜で光共振面を形成したレーザダイオードが開示されている。

【0004】半導体レーザ素子は、基本的には、例えばInGaN/AlGaN、InGaN/GaN、AlGaN/AlGaN等の窒化物系化合物半導体層の活性層/クラッド層の組み合わせで形成されたダブルヘテロ接合構造を備えている。少なくともインジウム(In)とガリウム(Ga)とを含む窒化ガリウム系化合物半導体、例えばInGaNを活性層とすることにより、InGaNのバンド間発光のみで発光波長を例えば370nm~460nmの範囲で変化させることができる。以下、少なくともGa、Nを含むIII-V族化合物半導体層の積層構造を有する半導体レーザ素子をGaN系半導体レーザ素子と言う。

【0005】半導体レーザ素子として好適なダブルヘテロ接合構造は、ノンドープ $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x, 0 \leq y, x+y \leq 1$) からなる活性層を、導電型が互いに異なり活性層よりもバンドギャップエネルギーの大きい窒化ガリウム系化合物半導体で挟んだダブルヘテロ接合構造である。例えばn型ドープバント及びp型ドープバントをそれぞれドープしたn型及びp型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x, 0 \leq y, x+y \leq 1$) で活性層を挟んだダブルヘテロ接合構造である。

【0006】ここで、図3を参照して、GaN系半導体レーザ素子の基本的構造及び作製方法を説明する。図3はGaN系半導体レーザ素子の基本的構成を示す模式的断面図である。GaN系半導体レーザ素子10は、メサ

ストライプ型の半導体レーザ素子が多く、図3に示すように、例えばGa_{0.5}N_{0.5}基板12のC面上に、n型Ga_{0.5}N_{0.5}系化合物半導体の第一のクラッド層14と、Ga_{0.5}N_{0.5}系化合物半導体の活性層16と、p型Ga_{0.5}N_{0.5}系化合物半導体の第二のクラッド層18との積層構造からなるダブルヘテロ構造を備えている。

【0007】第二のクラッド層18上には、ストライプ状の正電極20が、Ga_{0.5}N_{0.5}基板12の裏面には、負電極22が形成されている。尚、負電極22は、Ga_{0.5}N_{0.5}基板12の裏面を研磨して所定の厚さに調整した後、形成されている。本半導体レーザ素子10では、正電極20を1μm〜20μm程度の幅で形成してストライプ状光導波路を構成することにより、ストライプ状光導波路に沿ってレーザ発振を起こすことができる。

【0008】Ga_{0.5}N_{0.5}系化合物半導体層は、通常、下地のGa_{0.5}N_{0.5}系化合物半導体又は窒化ガリウム基板の(0001)面(以下、この面をC面という。図4参照)上にエピタキシャル成長法により成膜される。尚、図4は、Ga_{0.5}N_{0.5}系半導体の面方位を表すユニットセル図である。上述の半導体レーザ素子10の作製では、Ga_{0.5}N_{0.5}基板12のC面上にGa_{0.5}N_{0.5}系化合物半導体をC軸方向の配向で例えばHVPE(ハイドライド気相成長法)、MOCVD(有機金属気相成長法)、MBE(分子線気相成長法)等の気相成長法により成長させて、積層構造を形成している。尚、Ga_{0.5}N_{0.5}基板のC面が(0001)面に完全に一致していることが最も望ましいが、(0001)面に対しておおよそ±2°以内の範囲でオフ角を有するC面であってもよい。また、Ga_{0.5}N_{0.5}基板に代えて、サファイア基板のC面上にGa_{0.5}N_{0.5}系化合物半導体層をエピタキシャル成長させることも多い。

【0009】以上の工程までは、ウエハプロセス工程であって、ストライプ状の正電極20は、ウエハ上に所定間隔で並列に、図5(a)に示すように、劈開性を考慮してGa_{0.5}N_{0.5}基板12のA面(11-20)に平行(破線で示す方向)に配列されている。M面(1-100)面に平行な面でGa_{0.5}N_{0.5}基板12及びその上の積層構造を所定の幅で帯状に分割する際、その分割面のGa_{0.5}N_{0.5}系化合物半導体層が光共振面になるので、Ga_{0.5}N_{0.5}系化合物半導体層の積層構造の分割面に対してストライプが垂直となるようにストライプ状の正電極20を形成する。

【0010】次いで、Ga_{0.5}N_{0.5}基板のM面(1-100)面でGa_{0.5}N_{0.5}基板12及びその上の積層構造を所定幅の帯状に分割して、図5(b)に示すように、ストライプ状の正電極20を幅方向に並列させたバー24を形成する。バー状に分割する際には、図6に示すように、ウエハ面にけがき線25を入れ、けがき線25に沿って劈開性を利用して分割する。帯状に分割する際の幅Wは、半導体レーザ素子10の共振器長とする。次に、図5(c)に示すように、Ga_{0.5}N_{0.5}基板12のA面(110)面に平行な面でバー24を分割して、それぞれ、所

定の幅の半導体レーザチップ26に形成する。なお、以上の説明では、Ga_{0.5}N_{0.5}基板を例にしてGa_{0.5}N_{0.5}系半導体レーザ素子の作製を説明したが、サファイア基板を基板としても良い。尚、サファイア基板を基板とする場合には、負電極22は基板の裏面ではなく、基板に関し正電極20と同じ側に形成される。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】ところで、半導体レーザ素子の重要な構成要素である光共振面は、ストライプ状の正電極に直交した面で、かつ平滑面であることが必要があって、光共振面がストライプ状正電極に対して直交せず、また平滑な面でない、半導体レーザ素子のレーザ特性が低下する。しかし、従来の方法では、ウエハプロセス工程を終了して、ウエハをバー化して光共振面を形成し、次いでバーをチップ化する際に、正電極に直交し、平滑な光共振面を形成することが難しく、歩留りが著しく低下するという問題があった。

【0012】以上の説明では、Ga_{0.5}N_{0.5}基板上に形成されたGa_{0.5}N_{0.5}系化合物半導体層の積層構造を有するGa_{0.5}N_{0.5}系半導体レーザ素子を例に挙げているが、この問題は、これに限らずサファイア基板上に形成されたGa_{0.5}N_{0.5}系半導体レーザ素子、更には窒化物系半導体素子全般に該当する問題である。更には、利得導波路型のメサストライプ構造、或いは埋め込みヘテロ型のストライプ構造を有する半導体レーザ素子にも該当する問題である。そこで、本発明は、このような事情を鑑みて成されたものであって、その目的は、窒化物系半導体基板又はサファイア基板上に、良好な素子特性を有する窒化物系半導体素子を歩留り良く作製する方法を提供することである。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明者は、上述の問題の解決に当たり、Ga_{0.5}N_{0.5}基板及びその上に形成されるGa_{0.5}N_{0.5}系化合物半導体層の積層構造の劈開性に注目した。例えば、赤外/赤色半導体レーザ素子に使用されるGaAs系の半導体材料は、立方晶系であって、劈開性に優れているので、半導体結晶の劈開面からなる半導体レーザの共振面はストライプ状構造に直交する平滑面になる。一方、サファイア基板には劈開性が無く、Ga_{0.5}N_{0.5}基板等の窒化物系半導体基板もGaAs基板程の優れた劈開性を有していない。また、窒化物系化合物半導体層の積層構造もGaAs系の積層構造に比べて劈開性が劣る。以上の劈開性の問題から、本発明者は、光共振面で劈開してバーを形成する従来の方法では、光共振面となる良好な劈開面を歩留まり良く得ることが難しく、また、劈開面の違いから光共振面がストライプ状構造に対して斜め方向に逸れ易く、直交面になり難いことに気が付いた。

【0014】更に説明すると、サファイア基板は劈開性が無く、Ga_{0.5}N_{0.5}基板等の窒化物系半導体基板はGaAs基板ほどの強い劈開性ではないため、基板の薄膜化を行

っても光共振面の劈開は容易ではない。また、割れ易くするための案内溝を溝入れする際も、あまり深い溝を形成すると、その影響を受けて光共振面の平坦度が悪くなると言う問題が生じる。更には、チップ化する前に、光共振面が露出しているの、光共振面が汚染されたり、損傷したりすることも多かった。

【0015】そこで、本発明者は、極力、光共振面に損傷を与えないようにしてバー化するために従来の方法とは逆に、先ず、A面(11-20)面でウエハを分割してバー化し、次いでバーを折る要領でM面(1-10)面で劈開を行ってチップ化することを着想した。

【0016】上記目的を達成するために、本発明に係る窒化物系半導体素子の作製方法は、窒化物系半導体基板上に窒化物系化合物半導体層の積層構造を有する窒化物系半導体素子の作製方法において、基板の(0001)面上に窒化物系化合物半導体層の積層構造を形成する工程と、窒化物系化合物半導体層の積層構造の上部を加工して、又は積層構造上に、ストライプ状電流注入領域等のストライプ状構造を基板のA面に平行に形成する工程と、基板のA面で基板及び積層構造をストライプ状構造毎に所定幅の帯状に分割して、ストライプ状構造を長手方向に有するバーを形成する工程と、基板のM面でバーを分割して、それぞれ、ストライプ状構造を有する所定の長さのチップを形成する工程とを備えていることを特徴としている。

【0017】また、本発明に係る窒化物系半導体素子の作製方法は、基板の(0001)面上に窒化物系化合物半導体層の積層構造を形成しつつ積層構造内に、ストライプ状電流注入領域等のストライプ状構造を基板のA面に平行に埋め込み形成する場合にも適用できる。バーを形成する工程の前に、基板の裏面を研磨して所定の厚さ、例えば200 μ m以下、更に好ましくは100 μ m以下の厚さに基板を調整することが望ましい。

【0018】本発明方法で、A面とは図4(ユニットセル図)の(1120)面を意味し、M面とは図4に示す(01-10)面等を言う。本発明方法は、ストライプ状構造を有する限り窒化物系半導体素子の構成に制約無く適用でき、例えば半導体レーザ素子、光増幅器、光変調器、発光ダイオード等に適用できる。また、窒化物系化合物半導体層の組成に制約なく適用できる。

【0019】A面でウエハを分割してバー化する際には、分割面が光共振面ではないので、スクライパーやダイサーを用いて分割しても良く、更には、スクライパーやダイサーの刃を基板裏面下まで入れて完全に切断することもできる。

【0020】M面で劈開してチップ化するには、浅い案内溝を形成し、次いでブレーキング装置やローラーを使って押し割る方法を適用しても良く、溝無しで折り割る方法を適用することも可能である。また、バーからの劈開に際し、積層構造側に案内溝を入れるときには、ス

トライプ状構造の間に点線状に離隔した案内溝を設けても良い。バーからの劈開であれば、点線状に離隔した案内溝であっても、直線的に高い歩留まりで割ることができる。

【0021】本発明方法では、劈開性の弱い窒化物系化合物半導体層の積層構造及び窒化物系半導体基板を出来るだけ割り易いバー形状にすることにより、M面で安定してバーを割ってチップ化することができる。更には、図4の斜線部で示すように、窒化ガリウムのM面は、必ず対向するもう一方のM面を有するので、それらの双方のM面でバーを割ることによって、相互に対向する光共振面を容易に形成できる。

【0022】また、窒化物系半導体基板及び窒化物系化合物半導体層の積層構造のM面は、他の面方位、例えばC面やA面等に比べて、割れやすい性質があることを利用して、その割れた面(劈開面)が鏡面のような状態の光共振面となる。そのため、割れ難いA面切断によるバー化と、M面劈開によるチップ化とを組み合わせることにより、機械的な切断負荷をA面に集約して、光共振面となるM面へのダメージを軽減することできる。

【0023】

【発明の実施の形態】以下に、添付図面を参照し、実施形態例を挙げて本発明の実施の形態を具体的に説明する。

実施形態例

本実施形態例は、本発明に係る窒化物系半導体素子の作製方法の実施形態の一例で、図1は本実施形態例の方法で作製した窒化物系半導体素子の構成を示す断面図、及び図2は基板(ウエハ)上のストライプ状正電極の長手方向配列を示す平面図である。基板として、C面を主面とし、M面とA面とがオリエンテーションフラットされた例えば基板厚さ350 μ mのn型Ga_{0.5}In_{0.5}N基板30を使用する。

【0024】先ず、Ga_{0.5}In_{0.5}N基板30の主面(C面)上に、MOCVD法を用いて、順次、膜厚300ÅのGa_{0.5}In_{0.5}Nバッファ層31、膜厚4 μ mのSiドープしたn型Ga_{0.5}In_{0.5}N地下層32、膜厚1.3 μ mのSiドープしたn型AlGa_{0.5}In_{0.5}Nクラッド層33、膜厚500Åのn型InGa_{0.5}N層よりなる活性層34、膜厚0.6 μ mのMgドープしたp型AlGa_{0.5}In_{0.5}Nクラッド層35、及び膜厚0.1 μ mのMgドープp型Ga_{0.5}In_{0.5}N層よりなるp型コンタクト層36をエピタキシャル成長させ、積層構造を形成する。

【0025】次いで、最上層のp型コンタクト層36上に正電極形成用の多層金属膜(図示せず)をスパッタ法等によって堆積させ、続いて、図2(a)に示すように、ウエハのオリエンテーションフラット面、つまりA面に平行な方向(実線で示す方向)に延在する所定のストライプ形状のマスキングを多層金属膜上に形成し、多層金属膜をエッチングしてp型コンタクト層36上に2 μ m

の幅でストライプ状の正電極37を形成する。次に、Ga_N系化合物半導体層を形成していない側のGa_N基板30の基板面(裏面)を研磨して基板厚さを80 μ mに調整し、研磨後、裏面に負電極38を形成する。負電極38は、基板30の裏面全面に形成しても良く、又はウエハ分割のための案内溝を形成する領域を避けて形成しても良い。

【0026】負電極38を形成した後、ウエハをスクライバーにセットして、Ga_N基板30の裏面を図2の実線で示す分断線に沿ってA面に平行な方向にスクライブして、図2(b)に示すように、バー39を形成する。次いで、バー39をA面に直交するM面に平行な方向(点線で示す方向)にスクライブしてまたはブレーキング刃にて圧して割って、それぞれ、図1に示す積層構造を有するGa_N系半導体レーザ素子・チップ40を形成する。

【0027】共振器長が200 μ m以上1000 μ m以下の場合、バー39の幅は例えば300 μ mである。次いで、バー39を共振器長700 μ mのチップ40に分割する。このチップ40は、図1に示すようなGa_N系半導体レーザ素子の構造を有しており、A面に直交するM面(1-100)面がGa_N系半導体レーザ素子の光共振面となっている。

【0028】上述した本実施形態例の作製方法に従って、図1に示す積層構造を有するGa_N系半導体レーザ素子試料を作製し、チップ40をヒートシンクに設け、正電極37及び負電極38を接続端子にワイヤーボンドした後、室温でレーザ発振を試みたところ、しきい値電流密度15kA/cm²で発振波長400nmのレーザ発振が確認され、良好なレーザ特性を有することが判った。

【0029】本実施形態例では、Ga_N基板を使ったGa_N系半導体レーザ素子の作製を例にして説明したが、Ga_N基板に代えてサファイア基板を使った場合にも本発明方法を適用することができる。その場合には、基板に関し正電極37と同じ側で同じ方向にストライプ状に負電極を形成することにより、本発明方法を適用するこ

とができる。

【0030】

【発明の効果】以上説明したように、本発明方法によれば、ストライプ状電流注入領域等のストライプ状構造を基板のA面に平行に形成し、次いで基板のA面でストライプ状構造毎に所定幅の帯状に分割して、ストライプ状構造を長手方向に有するバーを形成し、更に基板のM面でバーを分割して、それぞれ、ストライプ状構造を有する所定の長さのチップに形成することにより、従来の方法に比べて、歩留まりが高く、平坦性の良い光共振面を備え、良好な素子特性を有する窒化物系半導体素子を作製することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施形態例の方法で作製したGa_N系半導体レーザ素子の構成を示す模式的断面図である。

【図2】図2(a)から(c)は、それぞれ、実施形態例の方法でGa_N系半導体レーザ素子を作製する際のバー化、及びチップ化の工程を説明する図である。

【図3】Ga_N系半導体レーザ素子の典型的構成を示す斜視図である。

【図4】Ga_Nの面方位を表すユニットセル図である。

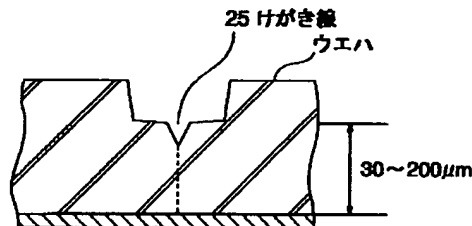
【図5】図5(a)から(c)は、それぞれ、従来の方法でGa_N系半導体レーザ素子を作製する際のバー化、及びチップ化の工程を説明する図である。

【図6】けがき線を設けた状態を示す模式的断面図である。

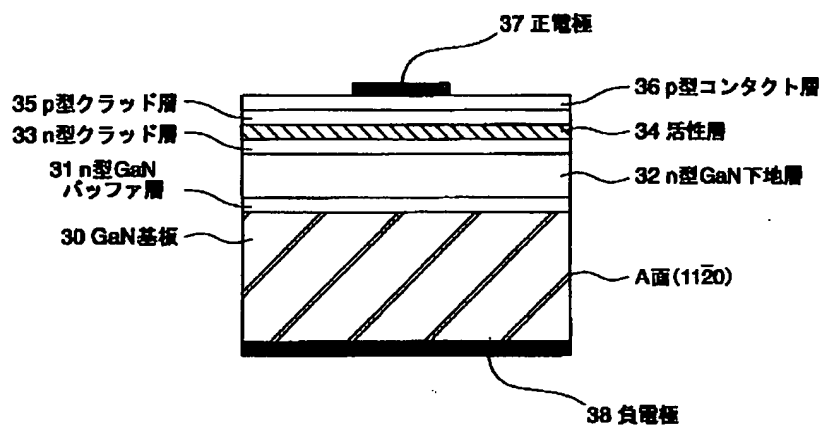
【符号の説明】

10……Ga_N系半導体レーザ素子、12……Ga_N基板、14……第一のクラッド層、16……活性層、18……第二のクラッド層、20……正電極、22……負電極、24……バー、26……チップ、30……Ga_N基板、31……n型Ga_Nバッファ層、32……n型Ga_N下地層、33……n型クラッド層、34……活性層、35……p型クラッド層、36……p型コンタクト層、37……正電極、38……負電極、39……バー、40……チップ。

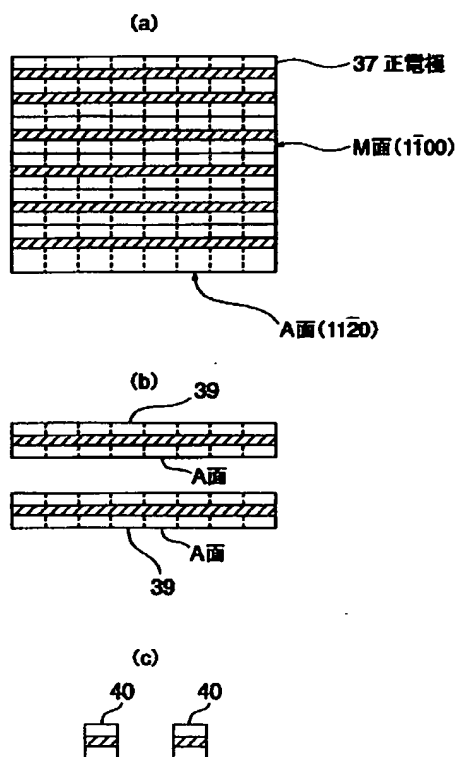
【図6】



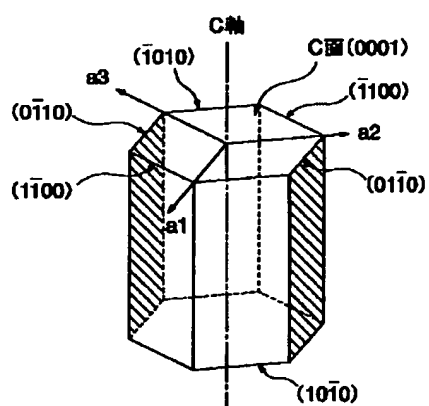
【図1】



【图2】

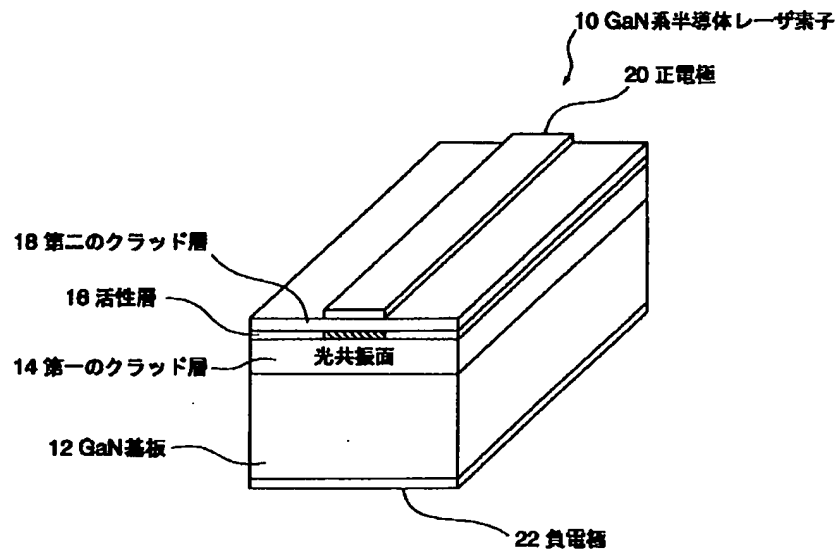


【図4】



M面(01 $\bar{1}$ 0), (10 $\bar{1}$ 0), (1 $\bar{1}$ 00), (0 $\bar{1}$ 10), ($\bar{1}$ 010), ($\bar{1}$ 100)
明細書中では(01 $\bar{1}$ 0)を(01-10)と表記する

【図3】



【図5】

